

**CONTENIDO DE CARBONO EN UN SISTEMA DE PRODUCCION DE PALTO
(*Persea americana* Mill) EN PILLCO MARCA - HUANUCO – 2018.**

Carbon content in a system of avocado production (*Persea americana* Mill) in Pillco marca - Huánuco - 2018.

Andrés Huayanay -Yan

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, UNHEVAL¹

Correo electrónico: andres.03.yan@gmail.com

RESUMEN

La investigación se realizó en un sistema de producción de palto (*Persea americana* Mill) var. Hass y fuerte, ubicado en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) Huánuco. El objetivo fue determinar el contenido de carbono orgánico (COS) en tres profundidades del suelo y estimar el carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea de las plantas de palto mediante la utilización de las ecuaciones alométricas. La metodología empleada fue de muestreo en campo de COS probabilístico Aleatorio Compuesto, mientras para la biomasa aérea y subterránea en su forma de muestreo estratificado. Se determinó que el almacenamiento de carbono orgánico total en el suelo por superficie entre planta y bajo el árbol de 0 a 10 cm de profundidad presenta la menor tendencia a almacenar menor cantidad de carbono 9,45 y 10,37 t C/ha respectivamente. Sin embargo, a medida que aumenta la profundidad de suelo la tasa de fijación de carbono orgánico en el suelo tiende a incrementar 17,79 y 10,98 t C/ha de 20 a 30 cm de profundidad. Como también se estimó la biomasa aérea y subterránea de las plantas de palto de 7 años de edad. Los paltos evaluados llegaron almacenar 30,239 t C/ha en la biomasa aérea y 6,918 t C/ha en la biomasa subterránea. La tasa de fijación de carbono en las plantas del palto hasta la actualidad almacena 5,308 t/ha en la biomasa total.

Palabras clave: Carbono orgánico, suelo, almacenamiento, biomasa, tasa de fijación.

ABSTRACT

The investigation was carried out in a system of avocado production (*Persea americana* Mill) var. Has and strong, politically located in the Center for Fruit and Fruit Research (CIFO) - Huanuco. In order to determine the content of organic carbon (COS) at three depths of the soil and estimate the carbon fixed in the aerial and underground biomass of avocado plants by using allometric equations. The methodology used for the field sampling process of probabilistic COS in its Composite Random Sampling form, while for aerial and underground biomes in its optimal stratified sampling form. It was determined that the storage of total organic carbon in the soil by surface between plant and under the tree from 0 to 10 cm deep presents the lowest tendency to store less carbon 9.45 and 10.37 t C/ha respectively. However, as soil depth increases, the rate of organic carbon fixation in the soil tends to increase 17.79 and 10.98 t C/ha from 20 to 30 cm deep. As well as the area and underground biomass of the avocado plants of 7 years of age. The avocado evaluated reached storing 30,239 t C/ha in the aerial biomass and 6,918 t C/ha in the underground biomass. The carbon fixation rate in avocado plants to date stores 5,308 t/ha in total biomass.

Keywords: Organic carbon, soil, storage, biomass, fixation rate.

<https://doi.org/10.47840/ReInA20205>

Recibido: 12 de marzo de 2020

Aceptado para publicación: 27 de marzo de 2020

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO₂) es un (GEI) gas de importancia que interviene en el efecto invernadero del planeta y proviene del cambio de uso de la tierra, la deforestación en zonas tropicales, el uso de combustibles fósiles y la producción de cemento en países desarrollados. Una forma de mitigar estos efectos y reducir las emisiones, es secuestrándolo, fijándolo o capturándolo y manteniéndolo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal y principalmente en el suelo. El primer caso se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Debido a esta problemática mundial y sus posibles efectos sobre presentes y próximas generaciones, es que la mitigación del cambio climático se ha convertido en un reto primordial para la economía y la ciencia dedicada a la conservación del medio ambiente. Una forma de mitigar el cambio climático radica en reducir las concentraciones de CO₂ mediante la implementación de sistemas agroforestales y frutícolas como es el caso del palto que son capaces de capturar el CO₂ de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y subterránea, y en el suelo, manteniéndolo por largos periodos de tiempo (Gayoso y Guerra, citado por Osorio 2015).

Es conocido el efecto del carbono en el suelo, sobre las propiedades físicas, biológicas y químicas, de allí su importancia para determinar su contenido y así mismo definir un plan de manejo adecuado de la plantación establecida.

Por otro lado, se desconoce cuál es el contenido de carbono capturado en un sistema de producción de palto, en condiciones de Huánuco, el mismo que actúa como un sumidero de dicho GEI, en tal sentido es pertinente conocer la cantidad de carbono fijado tanto en la biomasa aérea y subterránea y en el suelo para así establecer un adecuado sistema de manejo de la plantación, orientándolo a la conservación de dichos recursos.

La presente investigación contribuyó con la generación de datos y análisis específicos sobre el contenido de carbono en el suelo y carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea, Respecto a este contexto se trabajó en los siguientes objetivos: Cuantificar el contenido de carbono en un sistema de producción de palto (*Persea americana* Mill) en Pillco Marca Huánuco, Determinar el contenido de carbono orgánico (COS) en tres profundidades del suelo, Estimar el carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La investigación se realizó en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL), ubicado en la Región y provincia de Huánuco, Distrito Pillco Marca. A una Latitud sur 09° 55' 43", Longitud oeste 76° 18' 34; y a una altitud de 1947 msnm.

Para determinar la cantidad de carbono almacenado en tres profundidades de suelo y el carbono fijado en la biomasa aérea en un sistema de producción de palto, se procedió a utilizar las siguientes metodologías: Para la determinación del carbono orgánico del suelo (COS) a tres

profundidades se realizó mediante el análisis de suelo, mientras para la estimación del bioma aérea y subterránea se estimó mediante el método indirecto a través de ecuaciones alométricas.

El trabajo fue desarrollado en parcelas de palto de 7 años de edad, con densidades de siembra 5 x 5 m, en donde se realizó la evaluación en el componente suelo, biomasa aérea y subterránea. Para el primer caso se realizó mediante análisis de suelos a tres profundidades de 0 – 10 cm, 10 – 20 cm y 20 – 30 cm. Mientras que para la estimación de la biomasa aérea y subterránea mediante ecuaciones alométricas en donde se registraron la altura total del árbol (m) y diámetro a 30 cm de nivel de suelo (D_{30}).

Para la determinación del COS se realizó análisis de materia orgánica y densidad aparente. Para la determinación de la MOS se tomaron 6 muestras en su forma de muestreo aleatorio compuesto, constituidas de 36 sub muestras individuales en 12 puntos de muestreo. 6 puntos de muestreo bajo el árbol y 6 puntos de muestreo entre planta, a tres profundidades cada punto de muestreo (0 – 10 cm; 10 – 20 cm; 20 – 30 cm). De la misma forma para la determinación de la densidad aparente por el método del cilindro de volumen conocido los puntos de muestreo se realizaron mediante el tipo de muestreo aleatorio simple, donde se seleccionaron dos puntos (Bajo árbol y entre planta), a tres profundidades cada una (0 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm).

El contenido de carbono orgánico (CO), presente en los suelos, se expresó en porcentaje, y se obtuvo con base al contenido de materia orgánica (MO), del suelo, resolviendo la ecuación:

$$\text{Fraccion de Carbono (CO\%)} = \frac{MO\%}{1.724}$$

$$\% CO = 0.58 * \% MO$$

Dónde:

CO = Carbono orgánico total (%),
MO = Materia orgánica (%).

Se emplea el factor de Van Benmelen de 1.724 que resulta de la suposición de que la materia orgánica del suelo contiene un 58 % de Carbono (1/0.58 = 1.724). A continuación, el contenido de carbono del suelo se calculó con base en la ecuación propuesta por Andrade e Ibrahim (2003):

$$COS = \% CO * da * Ps$$

Dónde:

COS=Carbono orgánico del suelo (t/ha).
% CO= Concentración de carbono orgánico en el suelo (%).
da= Densidad aparente (g/cm³).
Ps= Profundidad del suelo (cm).

Para la cuantificación de la biomasa se seleccionaron 20 árboles en su forma de muestreo estratificado óptimo. En cada árbol se midió el diámetro a la base del tallo, el diámetro a D_{30} cm y la altura total. Para la determinación del diámetro a D_{30} cm del tallo se midió la circunferencia del tronco a una altura de 30 cm desde el suelo con la ayuda de una cinta métrica para luego dividirlo por π y así obtener el diámetro (D_{30}) del árbol.

$$D_{30} = \frac{LC}{\pi}$$

Donde:

D_{30} = Diámetro a 30 cm del suelo.
Lc = Longitud de la circunferencia.

Para la estimación de la altura del palto se utilizó el instrumento del eclímetro (obteniendo ángulos y distancias). Como también se hizo uso del teodolito y una regla graduada de 5 m para la verificación de la altura de las plantas. Para determinar la altura de cada árbol se utilizó la siguiente formula:

$$H = \tan(x) * D + h$$

Donde:

H = altura del árbol de palto (m)

Tan(X) = Tangente del ángulo en grados.

D = Distancia o separación horizontal del instrumento al árbol (m)

h = Altura del instrumento o vista del operador (m)

Con el D₃₀ obtenido y la altura total, se aplicó las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa aérea y subterránea total por árbol desarrollada por Andrade, Segura & Somarriba, en preparación, citado por Segura y Andrade 2012.

$$B =$$

$$10^{(-1,12+2,62*\log(d30)+0,03*\log(ht))}$$

$$Br = e^{(-1,0587+0,8836*\ln(Ba))}$$

Donde

B = Biomasa aérea total (kg/árbol)

d₃₀ = diámetro del árbol a 30 cm del suelo.

ht = altura total (m)

Br = Biomasa bajo el suelo (t/ha)

Ba = Biomasa aérea (t/ha)

La biomasa aérea se multiplicó por el valor *default* 0,5 fracción de carbono recomendada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático para estimar el almacenamiento de carbono. La tasa de fijación de carbono para las plantas del palto se estimó dividiendo el almacenamiento de carbono

en biomasa arriba del suelo entre la edad promedio de cada componente.

El CO₂ removido de la atmósfera por los árboles, se calculó multiplicando el carbono total obtenido por el coeficiente Kr (44/12).

$$1t\ C \leftrightarrow 3,67t\ CO_2 \quad ;$$

$$1t\ biomasa\ (+/-)\ 0,5t\ C$$

RESULTADOS Y DISCUSION

DENSIDAD APARENTE POR EL METODO DEL CILINDRO

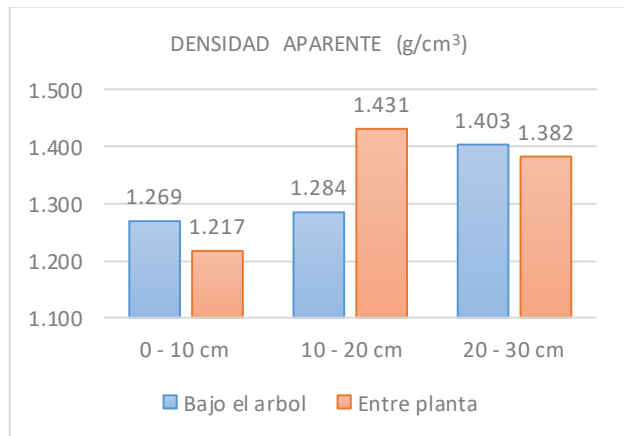


Figura 1: Densidad aparente por el método del cilindro bajo árbol y entre planta.

MATERIA ORGANICA

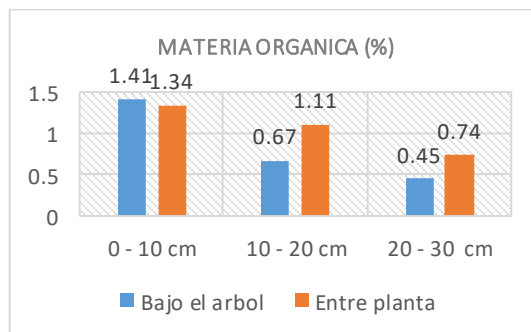


Figura 2: Porcentaje de materia orgánica bajo el árbol y entre planta

Como se puede observar en la figura 2, la materia orgánica bajo el árbol y entre planta tiene una concentración mayor en los

primeros 10 cm de profundidad 1,41 y 1,34 %, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje del contenido de la materia orgánica tiende a disminuir 0,45 y 0,74 % respectivamente de 20 a 30 cm de profundidad del suelo.

Carbono orgánico total (%)

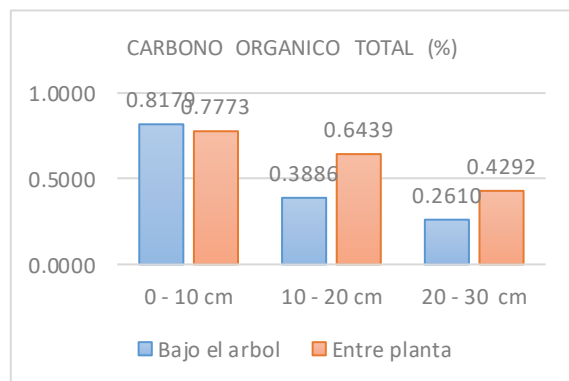


Figura 3: Carbono orgánico total expresados en porcentaje

En la figura 3 se observa el carbono orgánico total representado en porcentaje, es decir la presencia del carbono orgánico bajo el árbol y entre planta en mayor cantidad se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad 0,81 y 0,77 % C, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje del carbono orgánico total tiende a disminuir 0,26 y 0,42 % C respectivamente.

Carbono orgánico del suelo (cos) por superficie

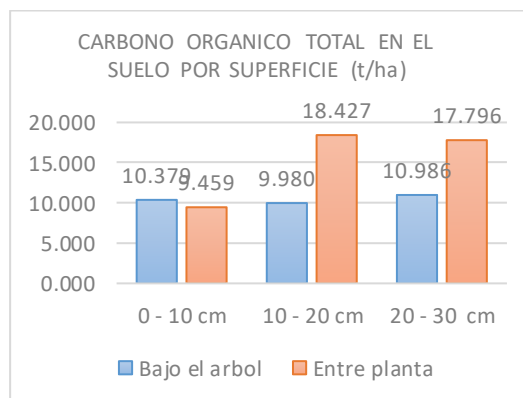


Figura 4: Carbono orgánico total de acuerdo a la profundidad del suelo

En la figura 4, se observa el carbono orgánico total en el suelo, es decir carbono almacenado bajo el árbol y entre planta en profundidades distintas. Por lo tanto, bajo el árbol y entre planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta menor tendencia a almacenar menor cantidad de carbono 10,37 y 9,45 t/ha, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad de suelo la tasa de fijación de carbono orgánico en el suelo tiende a aumentar 10,98 y 17,79 t/ha.

Biomasa aérea total

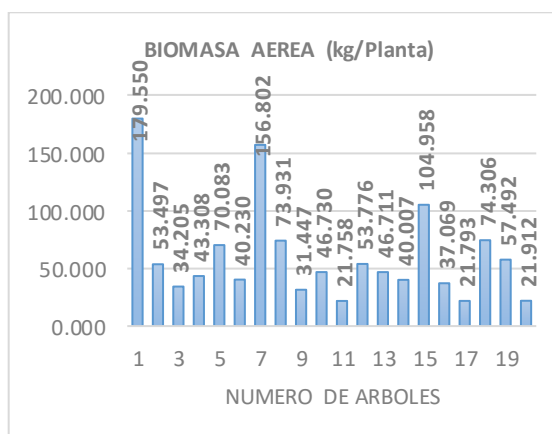


Figura 5: Promedio de la biomasa aérea total expresados en Kg/planta

En la figura 5, se observa la biomasa aérea total de un sistema de producción de palto, donde se muestra la biomasa de cada árbol determinado mediante el eclímetro (instrumentos de medición).

Carbono en la biomasa aérea y subterránea

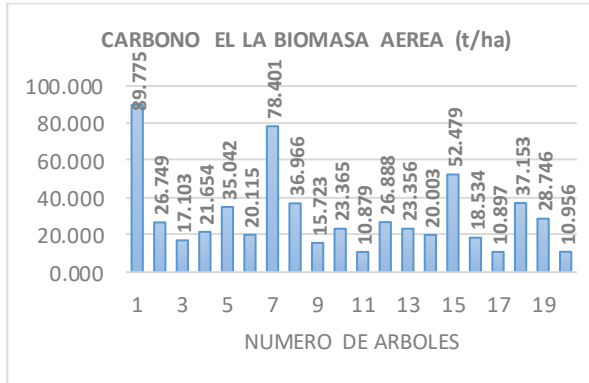


Figura 6: Almacenamiento de carbono aérea.

el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea por árbol se observa en algunas plantas una mayor tendencia de almacenamiento de carbono.

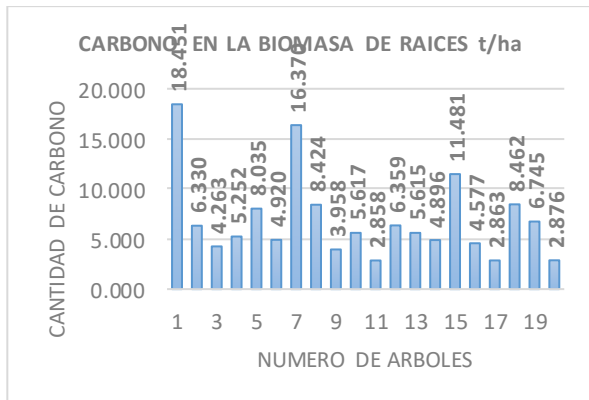


Figura 7: Almacenamiento de carbono subterránea.

En la figura 7, se observa el almacenamiento de carbono orgánico en la fracción de la biomasa radicular esta tiende

a presentar menor tendencia de almacenamiento a diferencia de carbono almacenado en la biomasa aérea.

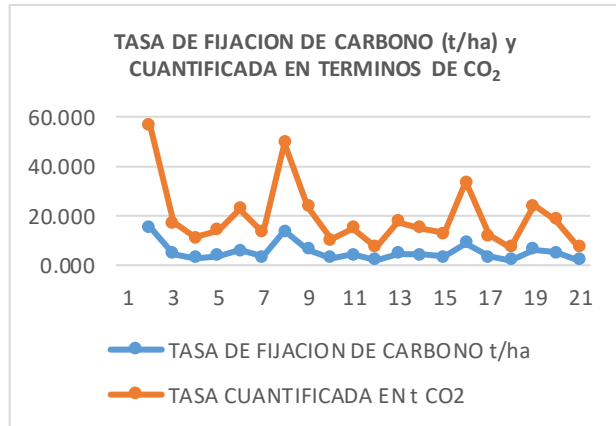


Figura 8: Tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en CO₂.

En la figura 8, se observa la relación que existe entre la tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en términos de CO₂ durante los siete años de edad de las plantas 19,481 t CO₂ en promedio. Es decir, el CO₂ removido de la atmosfera por las plantas del palto.

Marín, Andrade y Sandoval (2016) estimó que los sistemas de producción de cacao fijan carbono atmosférico en la biomasa total, entre ellos hace mención que en el sistema agroforestal (SAF) con cítricos y el SAF con aguacate presentaron la mayor tasa de fijación de carbono con valores de 17,7 y 16,9 t CO₂/ha/año, lo que corresponde a 64,3 y 46,3 kg CO₂e/kg cacao producido.

Materia orgánica

En las parcelas del sistema de producción de paltos se ha notado ciertas diferencias en el contenido de la materia orgánica del suelo bajo el árbol y entre la planta en diferentes profundidades del suelo, por

parte, bajo el árbol y entre la planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta mayores tendencias del contenido de la materia orgánica 1,41 y 1,34 % ; sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje del contenido de la materia orgánica tiende a disminuir 0,45 y 0,74 % respectivamente de 20 a 30 cm de profundidad del suelo.

Carbono orgánico total (%)

El carbono orgánico total del suelo en el sistema de producción de palto se encontró ciertas diferencias respecto al porcentaje de almacenamiento de carbono orgánico total en el suelo bajo el árbol y entre planta en diferentes profundidades de suelo, por su parte, bajo el árbol y entre planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta mayor tendencia del porcentaje de carbono orgánico total 0,818 y 0,777 % C, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje de carbono orgánico total en el suelo tiende a disminuir 0,389 y 0,644 % C de 10 a 20 cm de profundidad de suelo, de la misma forma 0,261 y 0,429 % C de 20 a 30 cm de profundidad de suelo.

Carbono orgánico del suelo (COS) por superficie

En la parcela de un sistema de producción de palto donde se realizó el trabajo de investigación se encontró ciertas diferencias respecto al almacenamiento de carbono orgánico en el suelo bajo el árbol y entre planta en diferentes profundidades de suelo. Por su parte, bajo el árbol y entre planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta menor tendencia a almacenar menor cantidad de carbono 10,37 y 9,45 t/ha, sin embargo, a medida que aumenta la

profundidad de suelo la tasa de fijación de carbono orgánico en el suelo tiende a incrementar 10,98 y 17,79 t/ha respectivamente.

Villogas (2014) encontró que el carbono total almacenado en el suelo de los sistemas agroforestales de 10, 8, 6 años fue 62,95; 62,46 y 73,73 t C/ha respectivamente. Los rangos encontrados en nuestra investigación son inferiores a los encontrados por el autor. Sin embargo, de acuerdo a nuestra investigación la profundidad de suelo entre planta y bajo el árbol muestran ciertas diferencias en la cantidad de almacenamiento de carbono orgánico por superficie. Tal como lo refiere Ingram y Fernández, citado por Osorio (2015); indicando que los niveles del almacenamiento de carbono en el suelo están controlados por factores de reducción entre los cuales están las pérdidas directas por erosión, lixiviación y por las causas del manejo de residuos de las cosechas que puedan limitar la cantidad de carbono que entran en el suelo, sin embargo es importante considerar los parámetros ambientales, posición geográfica y nivel altitudinal, siendo este último un factor importante que influyen en parámetros como la temperatura, precipitación, entre otros.

Biomasa aérea total

De los datos obtenidos para la biomasa aérea de un sistema de producción de palto se determinó que la biomasa aérea llegó acumular 60,478 kg/planta en promedio esto se determinó mediante ecuaciones alométricas. Por su parte Honorio y Baker, citado por Osorio (2015) refieren que los valores de biomasa no son similares en cualquier lugar, sino que varían

sustancialmente de acuerdo a las condiciones ambientales y físicas de cada zona. En este caso la biomasa varía de acuerdo a zona y nivel de altitud en la captura de carbono tanto en la biomasa aérea y subterránea.

Carbono en la biomasa aérea y subterránea

De los datos obtenidos en un sistema de producción de palto presenta mayor tendencia de almacenar carbono orgánico en la biomasa aérea alcanzando en promedio 30,239 t C/ha, mientras que el almacenamiento de carbono orgánica en la fracción de la biomasa radicular almacena 6,918 t C/ha siendo el que presenta menor tendencia de almacenamiento de carbono orgánico. De ello se deduce que mediante la fotosíntesis de la parte aérea de la planta del palto almacena en mayor cantidad de carbono. Villogas (2014) encontró que el carbono en la biomasa aérea fue superior para el sistema agroforestal de 10 años con 104,03 t C/ha y menor para los sistemas agroforestales de 8 y 6 años con 69,76 y 68,40 t c/ha respectivamente. De acuerdo al tiempo de instalación el cultivo de cacao lleva instalado 5 años, por lo que nuestros datos guardan cierta relación con los datos recopilados por el autor.

CONCLUSIONES

El potencial de la tasa de fijación de carbono durante los siete años de la plantación del palto es de 5,308 t/ha en la biomasa aérea y subterránea, que corresponde a una acumulación de dióxido de carbono equivalente a 19,481 t/ha de CO₂. Las estimaciones de biomasa y carbono mostraron que esta especie de plantas frutales puede considerarse una alternativa para la mitigación o remoción del

CO₂ de la atmosfera, a la vez la producción para la alimentación y generar ingresos económicos mediante la exportación de la producción orgánica.

En la biomasa aérea logró almacenar la mayor cantidad de carbono 30,239 t C/ha de 7 años de edad de la planta, en la biomasa de raíces 6,918 t C/ha. De ello se deduce que mediante la fotosíntesis de la parte aérea de la planta del palto almacena en mayor cantidad de carbono. En el suelo se determinó un almacenamiento de carbono orgánico bajo el árbol de 10,379 a 10,986 t/ha y entre planta de 9,459 a 17,796 t/ha. Debido a la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C hacia la atmósfera, dependiendo del uso que se le asigne. El manejo agrícola convencional de suelos, con uso intensivo del arado, promueve la liberación de C hacia la atmósfera, mientras que el uso conservacionista favorece la acumulación de C en formas orgánicas dentro del suelo. El COS favorece la agregación del suelo y consecuentemente interviene en la distribución del espacio poroso del suelo, afectando diversas propiedades físicas, como humedad aprovechable, capacidad de aire y movimiento de agua y gases en el suelo. Además, el COS, formado por compuestos de diversa naturaleza química y estado de descomposición, interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la CIC y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH).

La pérdida del COS indica un cierto grado de degradación del suelo, ya que el COS constituye un componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS), en

general, esto contribuye a las funciones claves del suelo, ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales y permite la infiltración y almacenamiento del agua en el suelo, por lo tanto, es importante para garantizar la salud del suelo, la fertilidad y producción de alimentos. De la misma forma la pérdida del COS afecta negativamente no solo a la salud del suelo y la producción de alimentos, sino que también agrava el cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, HJ; Ibrahim, M. (2003). Como monitorear el secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles. Agroforestería en las Américas v. 10 (39-40). p. 109-116.
- Asado Hurtado, AM. (2012). El suelo, soporte de vida. Huánuco, Perú. Editorial Universitaria. 419 p.
- Bernal E., JA y Díaz D., CA. (2008). (Compiladores). Tecnología para el cultivo del aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Centro de Investigación de la Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 241 p.
- Carreira, D. (2005). Carbono oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. Tecnologías en análisis de suelos. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- Dauber, E. (2006). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. (En línea). Revista Forestal Iberoamericana. Consultado el 27 noviembre del 2017.
- IUFRO-RIFALC. Venezuela. Disponible en: <http://www.revforiberoamericana.ula.ve>
- Dávila Romero, HA. (2011). Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en los departamentos de Suchitepquez y Retalhuleu del sur-occidente de Guatemala. (En línea). Consultado el 20 nov. de 2017. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11560e/A11560e.pdf>
- Delgadillo, M. y Quechulpa, S. (2006). Manual de monitoreo de carbono en Sistemas agroforestales. Chiapas, México. CONAFOR-AMBIO, S. C. DE R. L. 43 p.
- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, IT) . (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes mundiales del suelo 96. Roma, IT, FAO. 83 p.
- Marín Q, MP del; Andrade, HJ; Sandoval, AP. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19 (2): 351-360.
- Medina C. (2004). Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas de café con sombra (*Coffea arabica* L.), Santa Maura, Jinotega, Tesis. Managua, Nicaragua. UNI. 108 P.
- Mendiara, S. (2012). Efecto de los usos del suelo en la emisión de dióxido de

- carbono del suelo a la atmósfera en un agroecosistema semiárido del Valle del Ebro (En línea). Consultado 27 Noviembre 2017. Disponible en http://repositori.uvic.cat/bitstream/handle/10854/1889/trealu_a2012_mendiara_sarah_efecto.pdf?sequence=1
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). (2014). Guía para el muestreo de suelos. (En línea). MAVET IMPRESIONES E.I.R.L. Consultado el 22 de noviembre 2017. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/-final.pdf>
- Nakama, V., Lupi, A. M., Ferrere, P., Alfieri, A. (2009). Las plantaciones forestales como sumideros de carbono atmosférico. Estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires. Instituto de Suelos y Recursos biológicos CIRN INTA. Buenos Aires, Argentina. 11 p.
- Osorio Yacolca, JE. (2015). Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en diferentes niveles altitudinales en sistemas agroforestales de cacao, distrito de José Crespo y Castillo. Tesis Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional agraria de la selva. 82 p.
- Quiceno Urbina, NJ; Tangarife Marín, GM; y Álvarez León, R. (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario Barrancominas, Guainía Colombia. (En línea). Revista luna azul, N° 43, 171-202. Consultado el 23 junio del 2018. Disponible en: http://200.21.104.25/lunazul/index.php?option=com_content&view=article&id=198.
- Salas, J. & Infante, A. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. (En línea). Revista Forestal Latinoamericana, Venezuela. Consultado el 27 noviembre del 2017. Disponible en: <http://eslared.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/forestallatinamericana/vol21num2/articulo3.pdf>.
- Sánchez Rodríguez, DF. (2016). Evaluación del carbono almacenado en la biomasa, necromasa y carbono orgánico del suelo de tres diferentes hábitats, Costa Rica. Tesis Ciencias forestales. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. 109 p.
- Santos, DJ. Wilson, MG. y Ostinelli, M. (2012). Metodología de muestreo de suelo y ensayos a campo. Ediciones INTA. ISBN 978-987-679-160-1. 65 p.
- Segura, MA y Andrade, HJ. (2012). Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica* L.) con diferentes estándares de certificación en costarica. (En línea). Revista luna azul N° 35: 60 – 67. Consultado 05 mayo del 2018. Disponible en:
- Trumper, K; Bertzky, M; Dickson, B; Van der Heijden, G; Jenkins, M; Manning, P. (2009). ¿La Solución Natural? El Papel de los Ecosistemas en la Mitigación del Cambio Climático: Evaluación rápida del PNUMA (En

línea). Consultado 28 noviembre del 2017.
Disponible en:
http://www.unep.org/pdf/Natural_Fix_Final_Spanish.pdf

UNEP (Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente); WCMC (Centro de Monitoreo de la Conservación Mundial). (2011). Carbono, biodiversidad y servicios ecosistémicos: explorando los beneficios múltiples. Ecuador. UK. 24 p.

Villogas, V. (2014). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales (SAF) con cacao (*Theobroma cacao*) en producción. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo – U.N.A.S. Tingo María, Perú. 96 p.